

## Определение годовой производительности гидромониторно-землесосных комплексов на угольных разрезах Кузбасса

А.А. Садыков ✉, Н.С. Трабер

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Российская Федерация

✉ artur.aleksovich@gmail.com

**Резюме:** Представлена методика расчета производительности гидромониторно-землесосных комплексов при разработке вскрышных пород, позволяющая оптимизировать его параметры в определенных горнотехнических условиях работы. Предложена новая классификация четвертичных пород, которая позволяет определять параметры гидромониторно-землесосных комплексов. Для отнесения тех или иных пород к определенной группе принят критерий – предел прочности при одноосном сжатии, который зависит от величины угла внутреннего трения и сцепления пород. Установлена формула для расчета длины рабочего участка струи в зависимости от давления воды на насадке гидромонитора и предела прочности разрабатываемых пород. Приведена расчетная схема для определения параметров технологической схемы при разработке пород гидромониторно-землесосных комплексов, в соответствии с которой установлена величина давления воды на насадке гидромонитора, при которой длина рабочего участка струи гидромонитора не должна быть менее 30 м, т.к. в противном случае значительно увеличивается простой оборудования во время передвижек гидромонитора, что резко снижает производительность комплекса. В работе представлена методика обоснования рациональных параметров гидромониторно-землесосного комплекса в зависимости от прочностных свойств разрабатываемых горных пород, которая путем перебора величины давления воды на насадке гидромонитора и оборудования комплекса позволяет установить связующий критерий – длину рабочего участка струи гидромонитора, а также производительность гидромониторно-землесосных комплексов и его рациональные или оптимальные (с учетом затрат по процессам) показатели работы гидромеханизации в горнотехнических условиях разреза.

**Ключевые слова:** открытые горные работы, гидромеханизация, гидромониторно-землесосный комплекс, физико-механические свойства, классификация горных пород, осевое динамическое давление, длина рабочего участка струи гидромонитора, производительность гидрокомплекса

**Благодарности:** Исследование выполнено за счет средств ФГБОУ ВО «СибГИУ», договор №124/2025/УНИ от 07.04.2025 г.

**Для цитирования:** Садыков А.А., Трабер Н.С. Определение годовой производительности гидромониторно-землесосных комплексов на угольных разрезах Кузбасса. *Горная промышленность*. 2026;(2):140–145. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-2-140-145>

## Determining the annual performance of hydraulic monitoring and suction-dredging complexes at the Kuzbass coal strip mines

A.A. Sadykov ✉, N.S. Traber

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russian Federation

✉ artur.aleksovich@gmail.com

**Abstract:** The article presents a methodology of calculating the performance of hydraulic monitoring and suction-dredging complexes in stripping operations, which makes it possible to optimize its parameters in certain mining conditions. A new classification of Quaternary rocks has been proposed, which makes it possible to determine parameters of the complexes. Uniaxial compressive strength that depends on the internal friction angle and rock cohesion, has been adopted as a dedicated criterion to assign certain rocks to a certain group. A formula has been established for calculating the effective range of the jet depending on the water pressure at the nozzle of the hydraulic monitor and the tensile strength of the rocks being developed. A computational model is provided to determine parameters of the technological scheme for rocks development using the hydraulic monitoring and suction-dredging complexes. Based on this model the water pressure at the nozzle of the hydraulic monitor has been established at which the effective range the hydraulic monitor jet should not fall below 30 m. Failing this, the equipment

downtime increases significantly during relocation of the hydraulic monitor, which dramatically reduces the performance of the complex. The paper presents a methodology to justify the rational parameters of the hydraulic monitoring and suction-dredging complex depending on the strength properties of the rocks being developed. This, by adjusting the water pressure at the nozzle of the hydraulic monitor and the equipment of the complex, makes it possible to establish the linking criterion, i.e. the effective range of the hydraulic monitor jet, as well as the performance of the complex and its rational or optimal (with account for the process costs) performance indicators of hydraulic mining in open-pit conditions.

**Keywords:** open-pit mining, hydraulic mining, hydraulic monitoring and suction-dredging complex, physical and mechanical properties, classification of rocks, axial dynamic pressure, hydraulic monitor, effective range of the hydraulic monitor jet, performance of the hydraulic complex

**Acknowledgments:** The study was funded by the Siberian State Industrial University, contract No. 124/2025/UNI dated 04.07.2025.

**For citation:** Sadykov A.A., Traber N.S. Determining the annual performance of hydraulic monitoring and suction-dredging complexes at the Kuzbass coal strip mines. *Russian Mining Industry*. 2026;(2):140–145. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2026-2-140-145>

## Введение

Гидромеханизация – это способ производства земляных работ, при котором основная часть технологических процессов производится энергией движущегося потока воды [1]. Гидромеханизация применяется при разработке полезных ископаемых, резке камня, проведении рекультивационных работ [2–4].

Гидравлический способ разработки полезных ископаемых известен давно [5; 6]. При помощи гидромеханизации на угольных месторождениях России разработано около 1300 млн м<sup>3</sup> вскрыши.

Гидромеханизация открытых горных работ осуществляется гидромониторами, земснарядами, драгами. В Кузбассе на угольных месторождениях получили распространение гидромониторно-землесосные комплексы (ГЗК). С их помощью эффективно разрабатывали обводненные, налипающие на ковши экскаваторов и кузова автосамосвалов породы, которые склонны к оползневым явлениям. При этом, попадая в отвал полускальных вскрышных пород, они не способствуют его устойчивости.

Гидромеханизация, как и любой процесс, имеет свои недостатки и преимущества. Основным достоинством технологии является низкая стоимость машин и механизмов, благодаря чему обеспечиваются низкие эксплуатационные затраты на отработку вскрыши. Недостатками являются необходимость в сравнительно больших земельных ресурсах для организации гидроотвалов и в наличии доступных энергетических и водных ресурсов.

ГЗК состоит из гидротранспортной и насосно-гидромониторной установки [7]. Система гидротранспортирования ГЗК включает в себя трубопроводы для транспортирования гидросмеси вскрышных пород на гидроотвал и грунтовые насосы. Их количество определяется производительностью гидрокомплекса (по твердому), которая зависит от скорости подвигания фронта работ при добыче угля [8].

Схема работы ГЗК выглядит следующим образом: гидромонитор струей воды «подрезает» уступ (размывает горную массу в нижней части забоя). В определенный момент размыва забой под действием сил гравитации обрушается и происходит интенсивный размыв породы и смешивание ее с водой. Полученная гидросмесь самотеком стекает по пульповодной канаве в забойный зумпф, из которого она грунтовым насосом по трубопроводу перемещается на гидроотвал.

Таким образом, разрабатываемый уступ постоянно отдалается от гидромонитора, увеличивается расстояние от гидромонитора до забоя и постепенно снижается эффективность размыва пород. В работе [9] приведена длина

рабочего участка струи гидромонитора в зависимости от группы пород (I–VII) с учетом давления воды перед насадкой гидромонитора. Данные значения были установлены опытным путем и не имеют научного обоснования, так же как не приведены четкие критерии отнесения тех или иных пород к определенной группе пород.

## Материалы и методы

Известно, что длина рабочего участка струи гидромонитора зависит от физико-механических свойств горных пород и напора на насадке гидромонитора [10].

Одной из основных характеристик струи гидромонитора является осевое динамическое давление, которое определяет ее разрушающую способность, которая коррелирует с величиной временного сопротивления пород сжатию. Данный параметр может быть определен через известные значения угла внутреннего трения и сцепления [11]. В работе [12] приведены результаты проведенных исследований и установлены графические зависимости изменения величины соотношения  $\frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p}$  от значений  $\frac{c}{\sigma_p}$  и  $\varphi$ .

Следовательно, осевое динамическое давление зависит от величины рабочего участка струи, которая влияет на шаг передвижки гидромонитора и оказывает влияние на годовую производительность ГЗК [8].

С учетом данных [11; 12] разработана классификация четвертичных горных пород, в которой через значения углов внутреннего трения и сцепления получен основной критерий – предел прочности пород на сжатие (табл. 1). Это позволяет точно распределять горные породы по группам.

Учитывая [9] и соответствующие значения предела прочности на сжатие, представленные в табл. 1, нами была установлена зависимость для расчета длины рабочего участка струи гидромонитора

$$l = 18,0 + 21,0H_H - 50,0\sigma_{сж}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $H_H$  – давление на насадке гидромонитора, МПа;  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на сжатие, МПа.

В табл. 2 представлены результаты расчета длины рабочего участка струи гидромонитора, рассчитанные по формуле (1) для пород I–VII групп.

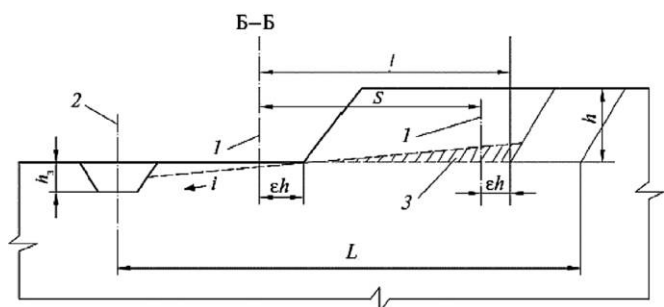
Расчетная схема для определения параметров технологической схемы разработки пород ГЗК показана на рис. 1.

Известно, что длина рабочего участка струи гидромонитора влияет на производительность гидромониторно-землесосного комплекса, т.к. определяет шаг передвижки гидромонитора, их количество и время простоя оборудования в этот период [7; 13]. Также на величину шага передвижки

**Таблица 1**  
Предлагаемая классификация четвертичных горных пород

**Table 1**  
The proposed classification of quaternary rocks

Группа пород	Горная порода	$\varphi$	$C$	$\sigma_{сж}$ , МПа
I	Малосвязные, разрыхленные, не- слежавшиеся породы	< 8	< 0,02	< 0,05
II	Пески мелкозернистые, легкие; супеси легкие; лёсс рыхлый; торф разложившийся	8–12	0,02–0,06	0,05–0,15
III	Пески средне- и разномзернистые; супеси средние; суглинки легкие; лёсс плотный	12–16	0,06–0,09	0,15–0,25
IV	Пески крупнозернистые; супеси тяжелые; суглинки средние и тяжелые; глины текучие тощие	16–20	0,09–0,13	0,25–0,35
V	Глины полужирные	20–24	0,13–0,16	0,35–0,45
VI	Глины полужирные и пластичные	24–28	0,16–0,19	0,45–0,55
VII	Глины тяжелые высокопластичные (трудноразмываемые)	> 28	> 0,19	> 0,55



**Рис. 1**  
Параметры технологической схемы разработки пород ГЗК:  
1 – оси гидромонитора;  
2 – ось зумпфа забойной землесосной станции;  
3 – недомыв;  
 $h_s$  – глубина забойного зумпфа;  
 $\epsilon$  – коэффициент приближения гидромонитора к забою, зависит от наличия пульта для дистанционного управления гидромонитором;  
 $h$  – высота уступа;  
 $L$  – длина блока;  
 $i$  – величина уклона пульповодной канавы;  
 $S$  – шаг передвижки гидромонитора

**Fig. 1**  
Parameters of the rocks mining technological scheme using hydraulic monitoring and suction-dredging complexes: 1 – axis of the hydraulic monitor; 2 – axis of the face settling sump of the suction-dredging station; 3 – underflow,  $h_s$  – depth of the face settling sump,  $\epsilon$  – coefficient of the hydraulic monitor approximation to the face depending on the availability of a remote control for the hydraulic monitor,  $h$  – bench height,  $L$  – length of the block,  $i$  – slope of the slurry trench,  $S$  – step of hydraulic monitor relocation

влияет безопасность работ в зоне возможного обрушения уступа, т.к. минимальное расстояние от гидромонитора до забоя составляет 0,3–0,4 от высоты уступа, которая при работе ГЗК обычно составляет 25–30 м [14]. Следовательно, гидромонитор должен находиться на расстоянии 7,5–10 м от уступа.

Следовательно, необходимо исключить значения рабочего участка струи гидромонитора меньше 30 м с целью сокращения его передвижек и повышения производительности ГЗК. Исключенные значения величины расстояния от гидромонитора до забоя в табл. 2 заштрихованы серым цветом.

**Таблица 2**  
Длина рабочего участка струи гидромонитора, полученная по представленной формуле

**Table 2**  
The effective range of the hydraulic monitor jet, obtained using the presented formula

$H_{нп}$ , МПа	Значения рабочего участка струи гидромонитора $l$ , м при													
	I группа пород $\sigma_{сж} = 0,05$ МПа	$\Delta$ , %	II группа пород $\sigma_{сж} = 0,15$ МПа	$\Delta$ , %	III группа пород $\sigma_{сж} = 0,25$ МПа	$\Delta$ , %	IV группа пород $\sigma_{сж} = 0,35$ МПа	$\Delta$ , %	V группа пород $\sigma_{сж} = 0,45$ МПа	$\Delta$ , %	VI группа пород $\sigma_{сж} = 0,55$ МПа	$\Delta$ , %	VII группа пород $\sigma_{сж} = 0,65$ МПа	$\Delta$ , %
1,0	36,5	-3,9	31,5	-12,5	26,5	-19,7	21,5	-30,6	-	-	-	-	-	-
1,1	38,6	-3,5	33,6	-11,6	28,6	-18,3	23,6	-28,5	-	-	-	-	-	-
1,2	40,7	-3,1	35,7	-10,8	30,7	-17,0	25,7	-26,6	20,7	-28,6	-	-	-	-
1,3	42,8	-2,7	37,8	-10,0	32,8	-15,9	27,8	-24,9	22,8	-26,5	-	-	-	-
1,4	44,9	-2,4	39,9	-9,3	34,9	-14,9	29,9	-23,3	24,9	-24,5	19,9	-33,7	14,9	-25,5
1,5	47,0	-2,1	42,0	-8,7	37,0	-14,0	32,0	-22,0	27,0	-22,9	22,0	-33,3	17,0	-32,0
1,6	49,1	-1,8	44,1	-8,1	39,1	-13,1	34,1	-20,7	29,1	-21,4	24,1	-29,1	19,1	-36,3
1,7	51,2	0,4	46,2	-7,6	41,2	-10,4	36,2	-19,6	31,2	-17,9	26,2	-27,2	21,2	-35,8
1,8	53,3	0,6	48,3	-7,1	43,3	-9,8	38,3	-16,7	33,3	-14,6	28,3	-25,5	23,3	-35,3
1,9	55,4	0,7	50,4	-6,7	45,4	-9,2	40,4	-15,8	35,4	-13,7	30,4	-22,1	25,4	-33,2
2,0	57,5	2,7	52,5	-4,5	47,5	-6,9	42,5	-13,3	37,5	-12,8	32,5	-20,7	27,5	-31,3
2,1	59,6	2,8	54,6	-4,2	49,6	-6,4	44,6	-12,5	39,6	-12,0	34,6	-19,5	29,6	-27,8
2,2	61,7	4,6	56,7	-2,2	51,7	-4,3	46,7	-10,2	41,7	-9,3	36,7	-16,6	31,7	-26,3
2,3	63,8	4,6	58,8	-2,0	53,8	-3,9	48,8	-9,6	43,8	-6,8	38,8	-15,7	33,8	-23,2
2,4	65,9	6,3	60,9	-0,2	55,9	-1,9	50,9	-9,1	45,9	-6,3	40,9	-13,0	35,9	-21,9
2,5	68,0	6,3	63	0,0	58,0	0,0	53,0	-7,0	48,0	-4,0	43,0	-10,4	38,0	-19,1

**Результаты и их обсуждение**

В работе [8] представлена методика расчета годовой производительности ГЗК без учета физико-механических свойств вскрышных пород.

Приведенная выше зависимость (1) позволит определять величину рабочего участка струи гидромонитора с учетом давления на насадке гидромонитора и предела прочности на сжатие горной породы и является основой методики для определения годовой производительности ГЗК. Это дает возможность определять оптимальные или рациональные (с учетом удельных эксплуатационных затрат по процессам) показатели работы ГЗК в горнотехнических условиях их эксплуатации путем перебора параметров технологии и оборудования.

При эксплуатации гидрокомплексов в постоянно изменяющихся горнотехнических условиях необходим текущий контроль и поддержание установленных технологических параметров [15].

Методический подход реализуется в следующем порядке расчета.

Определяем границы блока, которые зависят от величины допустимого объема недомыва:

– ширина блока, разрабатываемого на одно положение забойного зумпфа:

$$l_6 = \frac{k_1 \cdot h + k_2 \cdot h_3}{i}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $K_1$  – коэффициент допустимого недомыва,  $K_1 \leq 0,3$ ;  $K_2$  – коэффициент, учитывающий глубину пульповодной канавы по отношению к глубине зумпфа,  $K_2 \approx 0,5$ ;  $i$  – величина уклона пульповодной канавы,  $i = 0,03-0,05$ ,  $i = 0,04$ ;  $h_3$  – глубина забойного зумпфа,  $h_3 = 5$  м;

– длина блока не должна превышать удвоенной расчетной ширины блока

$$L = 2l, \text{ м}. \quad (3)$$

Ширина блока, обрабатываемого продольными заходками, разделяется на несколько заходов гидромонитора с учетом условия, что её ширина не превышает

$$A \leq 2\sqrt{(18,0 + 21,0H_H - 50,0\sigma_{сж} + l_k)^2 - (\varepsilon h + S)^2}, \text{ м}, \quad (4)$$

где  $l_k$  – длина шарнирного поворота колена,  $l_k = 24$  м;  $\varepsilon$  – коэффициент приближения гидромонитора к забою, зависит от наличия пульта для дистанционного управления гидромонитором, в этом случае равен  $0,3-0,4$ ,  $\varepsilon = 0,3$ ;  $h$  – высота уступа,  $h = 30$  м;  $S$  – шаг передвижки гидромонитора

$$S = \frac{1}{4} [\sqrt{8(18,0 + 21,0H_H - 50,0\sigma_{сж})^2 + (\varepsilon h)^2} - 3\varepsilon h], \text{ м}. \quad (5)$$

При применении шарнирного поворотного колена число передвижек гидромонитора определяется в зависимости от величины шага наростки водовода

$$S_H \leq S + l_k, \text{ м}. \quad (6)$$

В пределах длины блока для каждой заходки число передвижек гидромонитора

$$N_\Gamma = \left(\frac{L}{S_H}\right) - 1, \text{ ед.} \quad (7)$$

В пределах всего блока число передвижек гидромонитора при шаге наростки водовода

$$N_{\Gamma 6} = N_\Gamma \cdot \left(\frac{l_6}{A}\right), \text{ ед.} \quad (8)$$

Время отработки одного блока

$$T_6 = \frac{L \cdot l_6 \cdot h}{Q_T \cdot K_B} + N_{\Gamma 6} \cdot T_{\Gamma M}, \text{ ч}, \quad (9)$$

где  $T_{\Gamma M}$  – время передвижки гидромонитора,  $T_{\Gamma M} = 1$  ч;  $K_B$  – коэффициент технического использования гидроустановки,  $K_B = 0,7$ ;  $Q_T$  – часовая производительность гидроустановки по твердому

**Таблица 3**  
Значения производительности гидромониторно-землесосного комплекса, рассчитанные по предложенной методике, при применении шарнирного поворотного колена 24 м и производительности грунтового насоса по гидросмеси 2000 м<sup>3</sup>/ч

**Table 3**  
The performance values of the hydraulic monitoring and suction-dredging complex, calculated using the proposed method using a 24 m articulated swinging elbow and the performance of a soil pump with a hydraulic mixture of 2000 m<sup>3</sup>/h

Давление на насадке гидромонитора, МПа	Группа пород, годовая производительность, млн м <sup>3</sup> /год						Тяжелые глины (VII) $\sigma_{сж} = > 0,55$ МПа (принято 0,65)
	I $\sigma_{сж} = < 0,05$ МПа	II $\sigma_{сж} = 0,15$ МПа	III $\sigma_{сж} = 0,25$ МПа	IV $\sigma_{сж} = 0,35$ МПа	V $\sigma_{сж} = 0,45$ МПа	VI $\sigma_{сж} = 0,55$ МПа	
1	1,418	1,126	-	-	-	-	-
1,1	1,451	1,147	-	-	-	-	-
1,2	1,566	1,195	0,996	-	-	-	-
1,3	1,609	1,244	1,029	-	-	-	-
1,4	1,651	1,298	1,066	-	-	-	-
1,5	1,699	1,340	1,096	0,873	-	-	-
1,6	1,748	1,386	1,126	0,906	-	-	-
1,7	1,802	1,419	1,160	0,936	0,773	-	-
1,8	1,857	1,452	1,196	0,966	0,788	-	-
1,9	1,887	1,489	1,220	0,982	0,809	0,719	-
2	1,914	1,528	1,244	0,997	0,831	0,740	-
2,1	1,915	1,528	1,244	0,997	0,831	0,740	-
2,2	1,915	1,528	1,244	0,997	0,831	0,740	0,532
2,3	1,915	1,528	1,245	0,997	0,831	0,740	0,532
2,4	1,915	1,528	1,245	0,997	0,831	0,740	0,532
2,5	1,915	1,528	1,245	0,997	0,831	0,740	0,532



$$Q_T = \frac{Q_r}{1-m+q}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (10)$$

где  $Q_r$  – производительность грунтового насоса по гидросмеси,  $Q_r = 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $m$  – пористость породы,  $0,3-0,4$ ,  $m = 0,35$ ;  $q$  – удельный расход воды на размыв  $1 \text{ м}^3$  породы в целике [13].

Количество блоков, обрабатываемых за сезон:

$$N_{\text{бл}} = \frac{T_c}{T_6}, \text{ ед.}, \quad (11)$$

где  $T_c$  – фонд рабочего времени за сезон:

$$T_c = N_p \cdot T_{\text{см}} \cdot n, \quad (12)$$

где  $N_p$  – число рабочих дней в сезоне,  $N_p = 180 \text{ дн.}$ ;  $T_{\text{см}}$  – продолжительность смены, 8 или 12 ч,  $T_{\text{см}} = 12$ ;  $n$  – число смен в сутки, 3 или 2 смены,  $n = 2$ .

Годовая производительность ГЗК за сезон

$$Q_{\text{год}} = (L \cdot l_6 \cdot h) \cdot N_{\text{бл}}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (13)$$

Таким образом, совокупность расчетных формул (1)–(13) формирует методический подход для определения производительности ГЗК, оптимальные или рациональные (с учетом удельных эксплуатационных затрат по процессам) показатели работы ГЗК в горнотехнических условиях работы путем перебора величины давления воды на насадке гидромонитора и оборудования комплекса в соответствии с пределом прочности вскрыши.

Полученные значения производительности ГЗК по предложенной методике приведены в табл. 3.

### Заключение

В статье представлена методика расчета производительности ГЗК при разработке вскрышных пород на угольных разрезах, позволяющая оптимизировать параметры комплекса в определенных горнотехнических условиях его работы.

Разработана классификация четвертичных горных пород с распределением на 7 групп, где основным критерием выступает предел прочности на сжатие породы, который определяется через известные значения угла внутреннего трения и сцепления. Предел прочности четвертичных пород в данной классификация изменяется от  $< 0,05$  до  $> 0,65$  МПа.

Установлена зависимость изменения длины рабочего участка струи гидромонитора с учетом величины давления на насадке гидромонитора и предела прочности пород на сжатие и его влияния на величину годовой производительности комплекса (1). Полученная зависимость также является основой для реализации предлагаемого методического подхода по оптимизации параметров ГЗК в определенных горнотехнических условиях его работы (формулы (1)–(13)).

Значения производительности ГЗК, приведенные в табл. 3, которые были рассчитаны по представленной в работе методике, позволяют сделать вывод, что с увеличением длины рабочего участка струи гидромонитора годовая производительность комплекса возрастает.

При проведении дальнейших исследований требуется установить степень влияния удельного расхода воды на размыв породы, его воздействия на процесс гидротранспортирования, что позволит определить технико-экономические показатели работы ГЗК для условий угольных разрезов Кузбасса. Удельный расход воды определяет условия гидротранспортирования, выбор оборудования и диаметр трубопроводов, что существенно влияет на суммарные издержки по технологии, особенно при значительных значениях величин геодезической высоты подъема гидросмеси и расстояния её перемещения.

### Список литературы / References

- Петропавловских О.К., Абдуллина Л.Р., Ахметов А.А. Гидромеханизированные способы производства работ при строительстве подходов к автодорожным мостам. *Техника и технология транспорта*. 2021;(4):20. Режим доступа: <http://transport-kgasu.ru/files/N23-20TI421.pdf> (дата обращения: 15.01.2026).  
Petropavlovskikh O.K., Abdullina L.R., Ahmetov A.A. Hydro-mechanized methods of work during the construction of approaches to road bridges. *Technique and Technology of Transport*. 2021;(4):20. (In Russ.) Available at: <http://transport-kgasu.ru/files/N23-20TI421.pdf> (accessed: 15.01.2026).
- Федотенко В.С., Федотенко Н.А. Технология формирования экологически адекватного рельефа при рекультивации гидроотвалов. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2022;14(3):422–429.  
Fedotenko V.S., Fedotenko N.A. Technology of formation of ecologically adequate relief during reclamation of hydraulic dumps. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2022;14(3):422–429. (In Russ.)
- Tang J., Li J., Liu W., Ling Y., Zhang Y., Wang L. et al. Pressurized pulsed water jet: a new type of pulsed jet technology for hard rock-breaking. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s00603-025-05096-1>
- Momber A., Kovacevic R. Calculation of Exit Jet Energy in Abrasive Water Jet Cutting. In: *Proceedings of the ASME 1994 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Manufacturing Science and Engineering: Volume 1. New Product Introduction; Measurement and Inspection of Products and Processes; Non-Traditional Manufacturing Processes of the 1990s*. Chicago, Illinois, USA, November 6–11, 1994, pp. 361–366. <https://doi.org/10.1115/IMECE1994-1089>

5. Sedov V., Kuznetsov S. Improvement of Hydromechanization Technology for Earthmoving Works. In: Guda A. (ed.) *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles*. Cham: Springer; 2022, pp. 313–323. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0_30)
6. Кравцов А.А., Дмитрак Ю.В., Атрушкевич В.А. Опыт применения подземной гидравлической добычи угля в СССР и России. *Маркшейдерия и недропользование*. 2023;(3):18–23. [https://doi.org/10.56195/20793332\\_2023\\_3\\_18\\_23](https://doi.org/10.56195/20793332_2023_3_18_23)  
Kravtsov A.A., Dmitrak Yu.V., Atrushkevich V.A. Experience of underground hydraulic mining in USSR and Russia. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2023;(3):18–23. (In Russ.) [https://doi.org/10.56195/20793332\\_2023\\_3\\_18\\_23](https://doi.org/10.56195/20793332_2023_3_18_23)
7. Федотенко В.С. *Гидромониторно-землесосные комплексы для открытой разработки месторождений полезных ископаемых*. Кемерово: Кузбассвуиздат; 2024. 511 с.
8. Садыков А.А. К вопросу оптимизации параметров гидромониторно-землесосного комплекса. *Труды РАНМИ*. 2025;(5):44–55. <https://doi.org/10.24412/2519-2418-2025-543-44-55>  
Sadykov A.A. On the issue of optimizing the parameters of a hydraulic monitoring and dredging complex. *Trudy RANIMI*. 2025;(5):44–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2519-2418-2025-543-44-55>
9. *Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах*. М.: Недра; 1982. 405 с.
10. Деревяшкин И.В., Садыков А.А. Научное обоснование способа промышленной добычи янтаря, предотвращающего его измельчение в забое. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2019;(11):81–93. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-11-0-81-93>  
Derevyashkin I.V.I, Sadykov A.A. Scientific justification of commercial amber production without crushing in work face. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2019;(11):81–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-11-0-81-93>
11. Ольховатенко В.Е., Трофимова Г.И., Лазарев В.М., Чернышова Н.А. Общие вопросы инженерно-геологических изысканий при разработке открытым способом угольных месторождений Кузбасса. В кн.: *Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 23–24 марта 2010 г.* М.: Московский университет дружбы народов; 2010. Вып. 12. С. 465–470.
12. Ржевский В.В., Новик Г.Я. *Основы физики горных пород*. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра; 1984. 359 с. Режим доступа: <https://djvu.online/file/dW9RMoz4WvzWQ> (дата обращения: 15.01.2026).
13. Нурок Г.А. *Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра; 1985. 471 с.
14. Ялтанец И.М. *Гидромеханизированные и подводные горные работы*. М.: Центр инновационных технологий; 2012. 716 с.
15. Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Луконина О.А., Некоз К.С., Салахов И.Н. Апробация системы оперативного контроля режима работы гидрокомплексов на карьерах гидромеханизации. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2024;66(1):116–127. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-1-116-127>  
Drobadenko V.P., Vilmis A.L., Lukonina O.A., Nekoz K.S., Salakhov I.N. Testing a system for monitoring the operation of hydraulic complexes at hydromechanized mines. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(1):116–127. (In Russ.) <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-1-116-127>

#### **Информация об авторах**

**Садыков Артур Алексович** – кандидат технических наук, доцент кафедры открытых горных работ и электромеханики, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-9068-800X>; e-mail: [artur.aleksovich@gmail.com](mailto:artur.aleksovich@gmail.com)

**Трабер Никита Сергеевич** – студент 5-го курса кафедры открытых горных работ и электромеханики, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Российская Федерация

#### **Information about the authors**

**Artur A. Sadykov** – Cand. Sci (Eng.), Associate Professor of the Department of Open-pit Mining and Electromechanics, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-9068-800X>; e-mail: [artur.aleksovich@gmail.com](mailto:artur.aleksovich@gmail.com)

**Nikita S. Traber** – Student of the Department of Open-pit Mining and Electromechanics, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russian Federation

#### **Article info**

Received: 07.12.2025

Revised: 09.02.2026

Accepted: 18.02.2026

#### **Информация о статье**

Поступила в редакцию: 07.12.2025

Поступила после рецензирования: 09.02.2026

Принята к публикации: 18.02.2026